

Conference Paper, Published Version

Klüber, Christoph; Kampke, Wolfgang; Sokoray-Varga, Béla; Weichert, Roman; Dumont, Ulrich; Stamm, Jürgen

Untersuchung der kleinräumigen Auffindbarkeit der bestehenden Fischaufstiegsanlage Nassau/Lahn

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/103562>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Klüber, Christoph; Kampke, Wolfgang; Sokoray-Varga, Béla; Weichert, Roman; Dumont, Ulrich; Stamm, Jürgen (2012): Untersuchung der kleinräumigen Auffindbarkeit der bestehenden Fischaufstiegsanlage Nassau/Lahn. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Staubauwerke - Planen, Bauen, Betreiben. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 47. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 327-336.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Untersuchung der kleinräumigen Auffindbarkeit der bestehenden Fischaufstiegsanlage Nassau/Lahn

Christoph Klüber
Wolfgang Kampke
Béla Sokoray-Varga
Roman Weichert
Ulrich Dumont
Jürgen Stamm

Mit der Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes im Jahre 2010 obliegt dem Bund die Aufgabe, die ökologische Durchgängigkeit an den von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) errichteten und betriebenen Stauanlagen wiederherzustellen. Nach aktuellen Analysen sind über 250 Stauanlagen an Bundeswasserstraßen ökologisch durchgängig zu gestalten. Gerade an den Bundeswasserstraßen in Verbindung mit Flusswasserkraftwerken stehen die Planer jedoch häufig vor besonderen Schwierigkeiten. Durch die vorhandene, in der Regel größere Gewässerbreite, in Kombination mit der Konkurrenzsituation zwischen dem Abfluss der Fischaufstiegsanlage (FAA), der Wasserkraftanlage (WKA) sowie dem Abfluss über das Wehr entstehen komplexe Bedingungen zur Bereitstellung einer den Fisch in die FAA leitenden Strömung. Neben der korrekten Positionierung des Einstieges gilt eine hinreichende Leitströmung als Hauptkriterium hinsichtlich der kleinräumigen Auffindbarkeit einer FAA.

An der im März 2011 offiziell eingeweihten FAA an der Stauanlage Nassau an der Lahn wurden erste Untersuchungen zur hydraulischen Beurteilung der kleinräumigen Auffindbarkeit durchgeführt. Eine Besonderheit dieser FAA ist eine durch das Ingenieurbüro Floecksmühle geplante Konstruktion bestehend aus sechs im Winkel verstellbaren, vertikalen Lamellen im Einstiegsbereich der Anlage, welche eine Verbesserung der Leitströmung bewirken soll. Die durchgeführten Untersuchungen basieren auf einer Kombination von Messungen mittels ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) und ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Hierdurch ist es möglich, sowohl die Leitströmung als auch die Turbinenausströmung in direkter Konkurrenz zueinander zu erfassen.

Mit Hilfe dieser Messungen konnten deutliche durch die Lamellenkonstruktion hervorgerufene hydraulische Effekte im Nahbereich der FAA nachgewiesen werden. Eine Analyse der Konkurrenzsituation zwischen Turbinenausströmung und Leitströmung war in wesentlichen Teilen möglich, Defizite des angewendeten Messverfahrens wurden aufgezeigt.

1 Einleitung

Die Wiederherstellung der Durchgängigkeit der Fließgewässer kann an Stauanlagen durch die Realisierung von korrekt angeordneten und gestalteten Fischaufstiegsanlagen (FAA) gewährleistet werden. Neben dem Passieren einer FAA ist das Auffinden des Einstieges im Unterwasser einer Stauanlage nicht minder von Bedeutung, möchte man die Durchgängigkeit für die autochthone Fischfauna stromauf sicherstellen. Die Auffindbarkeit des Einstieges einer FAA kann dabei im stauwehnnahen Bereich durch eine kleinräumig wahrnehmbare Leitströmung im Nahbereich der FAA verbessert werden.

Insbesondere an Stauanlagen mit Wasserkraftnutzung besteht jedoch eine Konkurrenzsituation zwischen der Leitströmung einer FAA, der Turbinenausströmung der Wasserkraftanlage (WKA) sowie einem ggf. auftretendem Wehrüberfall. Die stark turbulenten Strömungen der Turbinenausströmung bzw. des Wehrüberfalls können dazu führen, dass die Wirkung der Leitströmung aus der FAA räumlich stark begrenzt wird und sich somit negative Auswirkungen auf die Auffindbarkeit der Anlage ergeben.

Im Folgenden wird eine durchgeführte Untersuchung zur kleinräumigen Auffindbarkeit der bestehenden FAA in Nassau an der Lahn vorgestellt. Ziel war es, mit Hilfe von akustischen Messsystemen die stauwehnnahen Strömungen im Unterwasser der WKA aus hydraulischer Sicht zu bewerten. Detaillierte Informationen zu den Untersuchungen können *Klüber (2011)* entnommen werden.

Die vorliegende Untersuchung wurde durch die Bundesanstalt für Wasserbau gefördert und durch das Ingenieurbüro Floecksmühle sowie die Süwag Energie AG unterstützt.

2 Fischaufstiegsanlage Nassau an der Lahn

Die untersuchte FAA befindet sich an der Stauanlage Nassau an der Lahn (Lahn-km 117,26), welche in diesem Abschnitt als Bundeswasserstraße ausgewiesen ist.

Es handelt sich um eine Stauanlage bestehend aus einer Schleuse im Norden sowie daran anschließend zwei Wehrfelder (vgl. Abbildung 1). Die Fallhöhe beträgt 3,80 m. Zum südlichen bzw. linken Ufer wird die Stauanlage durch eine

Wasserkraftanlage mit einer maximalen Leistung von 1,16 MW und einem Ausbaudurchfluss von $45 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeschlossen. Das Herz des Kraftwerks bildet eine doppelt geregelte Kaplan-Rohrturbine.

Neben der WKA befindet sich die Fischaufstiegsanlage mit einem maximalen Durchfluss von $1,40 \text{ m}^3/\text{s}$. Die FAA wurde als Kombination aus technischer (Schlitzpass) und naturnaher Bauweise (Raugerinne mit Beckenstruktur) realisiert (vgl. Abbildung 1).

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Unterwasserbereich der WKA mit einer Länge von etwa 25 m und einer Breite von rund 10 m.

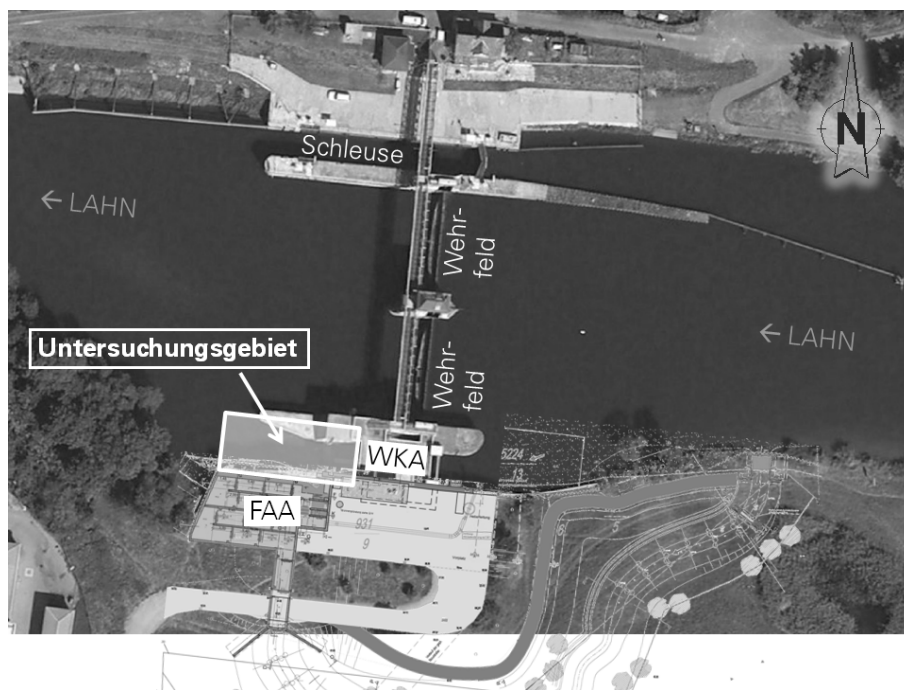


Abbildung 1: Stauanlage mit FAA (aus GeoViewer der WSV/IB Floecksmühle (2008), angepasst)

Als Besonderheit der FAA kann die zum Patent angemeldete Lamellenkonstruktion im Einstiegsbereich bezeichnet werden (vgl. Abbildung 2). Die Lamellen schließen an den Einstieg der FAA parallel zur Außenwand an und erstrecken sich über eine Länge von etwa 5,00 m. Sie bilden in diesem Abschnitt eine Trennung zwischen Leitströmung und Turbinenausströmung.

Je nach Stellung der vertikalen Lamellen wird die Leitströmung beeinflusst. Durch eine Öffnung der Lamellen gegen die Fließrichtung um etwa 150° soll die Leitströmung verstärkt werden. Eine Schließung der Lamellen (entspricht 0°) mindert den Einfluss der turbulenten Turbinenausströmung auf die Leitströmung ab.



Abbildung 2: Lamellenkonstruktion; a: Funktion; b: Stellbereich

3 Durchgeführte Messungen

Die Messungen bestanden aus einer kombinierten Anwendung zweier akustischer Messverfahren, dem ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) sowie dem ADV (Acoustic Doppler Velocimeter). Hierbei handelt es sich um Ultraschall-Doppler-Messgeräte. Bei dieser Technik wird ein emittiertes Ultraschallsignal durch im Gewässer befindliche Schwebstoffe reflektiert. Über den bei der Reflexion des Signals durch die sich bewegenden Partikel entstehenden Dopplereffekt kann dann die Fließgeschwindigkeit ermittelt werden. Weitere Informationen zum ADCP können *Teledyne RD Instruments (2006)* entnommen werden. Details zum ADV erhält man u. a. in *Rusello (2005)*.

3.1 Messungen im Nahbereich der FAA

Die Messungen im Bereich der Leitströmung wurden mit drei simultan angewendeten ADV-Sonden realisiert. Montiert an einer verschieblichen Traverse konnte ein Messraster mit 3 Messachsen und maximal 8 Messquerschnitten sowie bis zu drei Tiefenebenen definiert werden (vgl. Abbildung 3). Auf Grund der baulichen Gegebenheiten wurde der Messbereich in Fließrichtung unterhalb der Lamellenkonstruktion definiert. Der Abstand zwischen den Querschnitten betrug 1,00 m, so dass ein Bereich in Fließrichtung von 8,00 m erfasst werden konnte. Damit war es möglich, bis zu 60 Messpunkte aufzunehmen.

Es wurde eine Messdauer pro Punkt von mindestens 4 Minuten festgelegt, um alle relevanten Skalen der auftretenden Turbulenz sowie Ablösungen im Unterwasser der WKA Rechnung zu tragen.

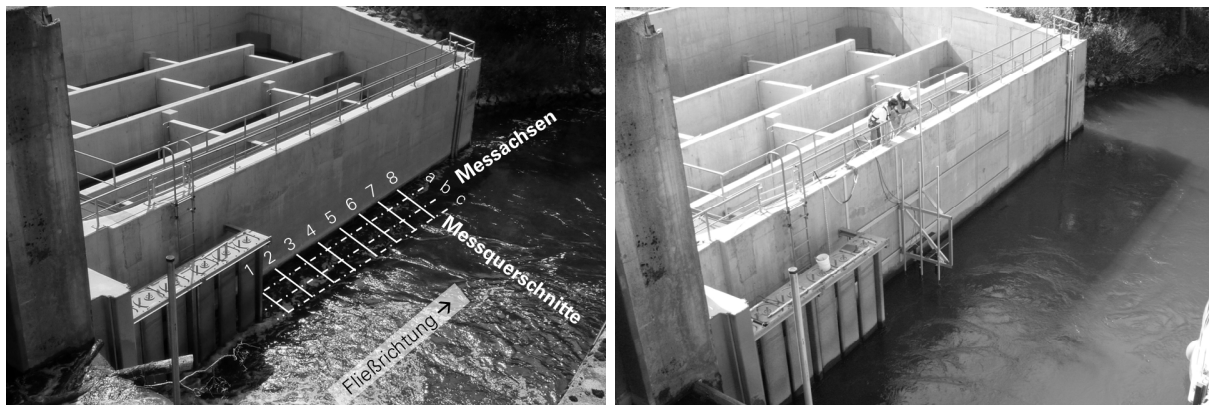


Abbildung 3: ADV-Messung; a: Messraster; b: Durchführung der Messung

3.2 Messungen im Bereich der Turbinenausströmung

Parallel zu den Messungen im Nahbereich der FAA wurde mit Hilfe von ADCP-Messungen die Turbinenausströmung erfasst.

Der ADCP-Messkopf wurde dabei auf einem Schwimmkörper montiert und konnte so mit Hilfe von über den Unterwasserkanal gespannten Seilen in die entsprechende Position gebracht werden (vgl. Abbildung 4). Dieses Verfahren fand bereits bei einer früheren Untersuchung an der Stauanlage Lauffen am Neckar Anwendung. Informationen hierzu können *Sokoray et al. (2011)* entnommen werden.

Die 12 Messpunkte verteilten sich auf 3 Querschnitte, die einen Abstand zueinander in Fließrichtung von etwa 7,00 m aufwiesen (vgl. Abbildung 4).

Da auch hier der turbulente Charakter der Strömungssituation berücksichtigt werden muss, wurde für jeden Messpunkt eine Messdauer von 10 Minuten gewählt.



Abbildung 4: ADCP-Messung; a: Messraster (aus Geoviewer der WSV/IB Floecksmühle (2008)); d: Durchführung der Messung

4 Ergebnisse und Bewertung

4.1 Messungen im Nahbereich der FAA

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnte die Leitströmung mittels der ADV-Messungen für zwei Abflusszustände erfasst werden. Dies war neben einem Q_{150} mit etwa $24 \text{ m}^3/\text{s}$ auch ein Q_{10} mit ungefähr $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Für beide Abflüsse konnten zwei Ausrichtungen der Lamellen untersucht werden.

Die drei aufgenommenen Tiefenebenen sind in Abbildung 5 zu sehen.

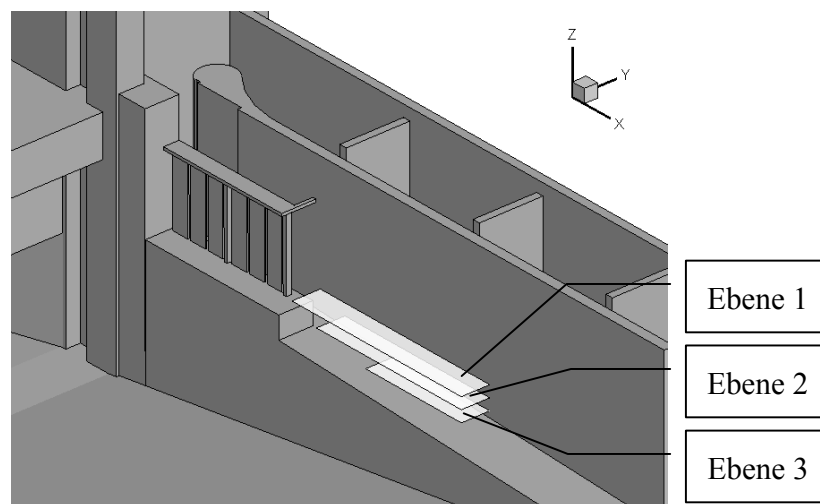


Abbildung 5: Lage der Messebenen der ADV-Messung

In Abbildung 6 und 7 sind die Ergebnisse der resultierenden Fließgeschwindigkeit für die beiden untersuchten Lamellenstellungen bei einem Q_{150} in Ebene 1 dargestellt. Diese Ebene befindet sich etwa $0,50 \text{ m}$ unter dem Wasserspiegel (WSP).

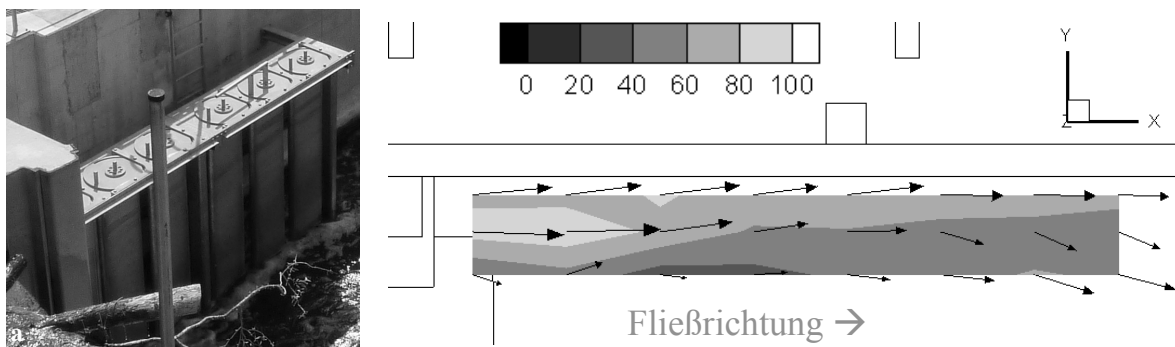


Abbildung 6: Resultierende Fließgeschwindigkeiten etwa $0,50 \text{ m}$ unter WSP bei Q_{150} in cm/s ; Lamellen geschlossen

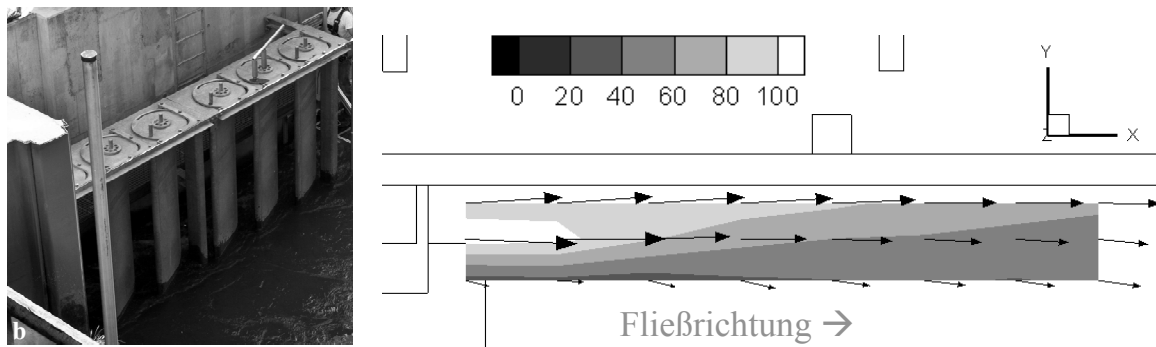


Abbildung 7: Resultierende Fließgeschwindigkeiten etwa 0,50 m unter WSP bei Q_{150} in cm/s; Lamellen geöffnet

Es zeigt sich, dass durch Öffnung der Lamellen eine Erhöhung der resultierenden Fließgeschwindigkeit innerhalb der Leitströmung hervorgerufen wird.

Zusätzlich zu den Fließgeschwindigkeiten war es möglich, die turbulente kinetische Energie zu berechnen. Bei Analyse der erhaltenen Ergebnisse zeigte sich eine Erhöhung der Turbulenz bei geöffneten Lamellen (vgl. *Klüber (2011)*). Somit kann anhand der ersten Untersuchungen davon ausgegangen werden, dass die angestrebte Wirkung der Lamellen im Messbereich erkennbar ist. Sowohl die Abschirmung vor der Turbulenz wie auch die Verstärkung der Leitströmung konnte nachgewiesen werden.

4.2 Messungen im Bereich der Turbinenausströmung

Die vorgesehenen ADCP-Messungen konnten zum aktuellen Zeitpunkt für ein Q_{10} realisiert werden. Damit war eine Analyse der Konkurrenzsituation zwischen der Turbinenausströmung und der Leitströmung für diesen Zustand möglich. In Abbildung 8 sind die Messquerschnitte der ADCP- sowie der ADV-Messung dargestellt.

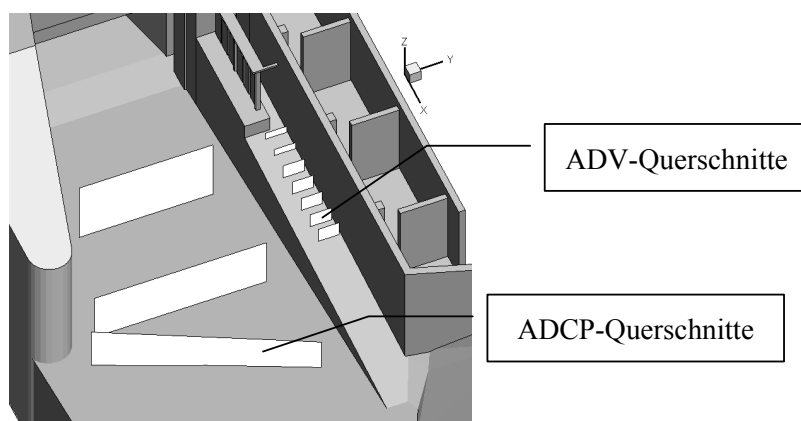


Abbildung 8: Lage der gemessenen Querschnitte der ADCP- sowie der ADV-Messung

Anhand der Messungen erfolgte die Berechnung der resultierenden Fließgeschwindigkeit. In Abbildung 9 sind sowohl die Ergebnisse für die Turbinenausströmung wie auch der Leitströmung dargestellt.

Erwartungsgemäß befindet sich der Bereich der höchsten Fließgeschwindigkeiten innerhalb der Turbinenausströmung. Die Ausrichtung der Vektoren lässt hier den Drall des aus der Turbine ausströmenden Wassers erkennen (vgl. Abbildung 9). Die höheren Fließgeschwindigkeiten bei diesem Zustand können zu einer größeren Attraktivität der Turbinenausströmung für die aufstiegswillige Fischfauna führen, sofern die Geschwindigkeiten nicht den für autochthone Fischarten maximal zulässigen Wert übersteigen. Es ist jedoch zu bedenken, dass dieser Bereich hohe Turbulenzen aufweist, welche möglicherweise unattraktiv auf viele Fischarten wirken können.

Richtet man den Fokus auf die Messmethodik, so fällt der Bereich mit einer Breite von etwa 2,00 m zwischen der ADCP-Messung (Turbinenausströmung) und der ADV-Messung (Leitströmung) ins Auge. Gerade dieser Grenzbereich zwischen beiden Messungen kann wichtige Erkenntnisse hinsichtlich der Auffindbarkeit des Einstieges zur FAA liefern. Hier ist eine weitere Optimierung des Verfahrens und damit eine Minimierung dieses Bereiches anzustreben. Gleiches gilt auch für den Bereich zwischen Lamellen und Außenwand der FAA, welcher auf Grund der baulichen Gegebenheiten nicht messtechnisch erfasst werden konnte.

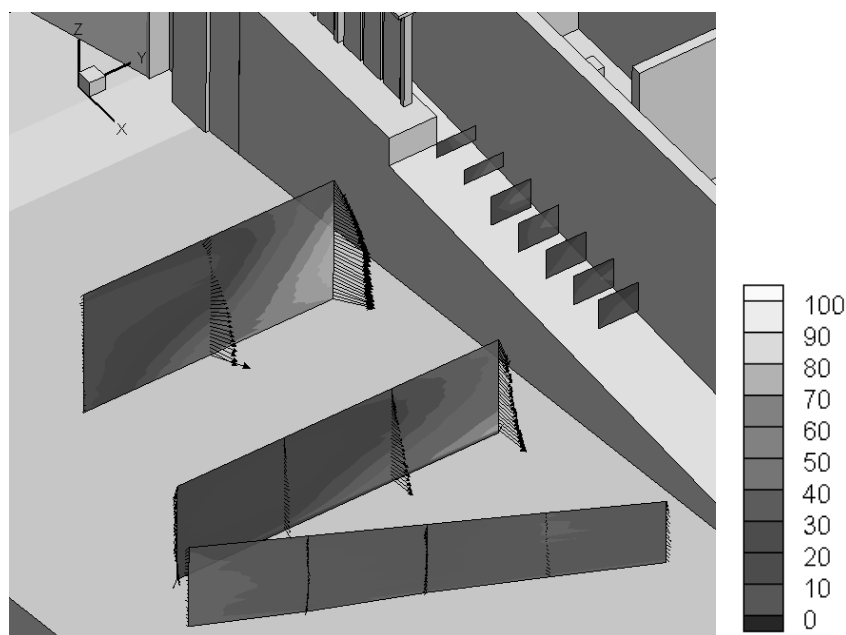


Abbildung 9: Resultierende Fließgeschwindigkeiten in cm/s der ADCP- und ADV-Messung für Q_{10}

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Es wurden im Rahmen der vorgestellten Untersuchung kombinierte Messungen mit Hilfe von ADV und ADCP durchgeführt. Damit konnte sowohl die Leitströmung im Nahbereich der FAA wie auch die Ausströmung der WKA messtechnisch erfasst werden.

Auf Basis der Messungen im Nahbereich des Einstieges zur FAA konnte die dort als Prototyp eingesetzte Lamellenkonstruktion zur Verbesserung der Leitströmung untersucht werden. Die bisherigen Messungen lassen darauf schließen, dass die installierte Lamellenkonstruktion bei untersuchter Ausrichtung eine Verstärkung der Leitströmung hervorrufen sowie eine Minderung des Einflusses der turbulenten Turbinenausströmung auf die Leitströmung bewirken kann.

Die erwartungsgemäß erkennbare Dominanz der Turbinenausströmung gegenüber der Leitströmung birgt Gefahren hinsichtlich der Auffindbarkeit des Einstieges.

Die gewonnenen Ergebnisse zeigten, dass die gewählte Methodik grundsätzlich geeignet ist, um die kleinräumige Auffindbarkeit analysieren zu können. Es konnten Defizite der eingesetzten Messverfahren festgestellt werden, die weiter zu analysieren sind. Insbesondere der Grenzbereich zwischen der Turbinenausströmung und der Leitströmung sollte abgedeckt werden.

Weiterführende Messprogramme sollen die Untersuchung komplettieren und eine belastbarere Aussage zur kleinräumigen Auffindbarkeit der untersuchten FAA sowie der Effizienz der installierten Lamellenkonstruktion unterstützen. Ferner ist eine Optimierung der genutzten Verfahren anzustreben.

Für eine umfassende Bewertung ist zudem ein biologisches Monitoring erforderlich und auch geplant.

6 Literatur

- Ingenieurbüro Floecksmühle (2008): Erläuterungsbericht: Bau einer Fischaufstiegsanlage an der WKA Nassau/Lahn mit Anlagen
- Klüber, C. (2011): Untersuchung der kleinräumigen Auffindbarkeit der bestehenden Fischaufstiegsanlage an der Stauanlage Nassau an der Lahn, Diplomarbeit am IWD, TU Dresden
- Rusello, P. J. (2005): A Practical Primer for Pulse Coherent Instruments, Nortek AS
- Sokoray-Varga, B. & Weichert, R. & Lehmann, B. (2011): Flow investigations for fish pass Lauffen/Neckar in field and laboratory, 34. Dresdner Wasserbaukolloquium, Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und Technische Hydromechanik der Technischen Universität Dresden Heft 45
- Teledyne RD Instruments (2006): Acoustic Doppler Current Profiler - Principles of Operation - A Practical Primer

Autoren:

Dipl.-Ing. Christoph Klüber
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stamm

Dr. sc. techn. Roman Weichert
Dipl.-Ing. Wolfgang Kampke

Institut für Wasserbau und technische
Hydromechanik
Technische Universität Dresden
George-Bähr-Straße 1
01062 Dresden

Bundesanstalt für Wasserbau
Abteilung Wasserbau im Binnenbereich
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe

Tel.: +49 351 463 34397
Fax: +49 351 463 37120
E-Mail: christoph.klueber@gmail.com

Tel.: +49 721 9726 - 0
Fax: +49 721 9726 - 4540
E-Mail: roman.weichert@baw.de
wolfgang.kampke@baw.de

Dipl.-Ing. Béla Sokoray-Varga

Dipl.-Ing. Ulrich Dumont

Institut für Wasser und Gewässer-
entwicklung
Karlsruher Institut für Technologie
Campus Süd
76128 Karlsruhe

Ingenieurbüro Floecksmühle
Bachstraße 62-64
52066 Aachen

Tel.: +49 721 9726 - 3615
Fax: +49 721 9726 - 4540
E-Mail: sokoray@kit.edu

Tel.: +49 241 94986 - 0
Fax: +49 241 94986 - 13
E-Mail: ib@floecksmuehle.com